

Untersuchung der Fehlereinflüsse bei Dämpfungsmessungen im Frequenzgebiet 1...18 GHz

Autor(en): **Eicher, Bernhard / Furrer, Jürg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **53 (1975)**

Heft 9

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875612>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Untersuchung der Fehlereinflüsse bei Dämpfungsmessungen im Frequenzgebiet 1...18 GHz

Bernhard EICHER und Jürg FURRER, Bern

621.317.341.088.3:621.372.2.029.63/64:621.372.5

Zusammenfassung. Ein wichtiger Zweig der Mikrowellenmesstechnik stellt die Bestimmung von Dämpfung und Reflexion der Komponenten dar. Im folgenden Artikel werden die Fehlereinflüsse bei Dämpfungsmessungen im Frequenzgebiet 1...18 GHz untersucht. Besonders werden die Einflüsse der Fehlanpassung auf die Messgenauigkeit behandelt und entsprechende Kurvenscharen zur raschen Bestimmung dieser Einflüsse gezeigt. Ausserdem werden die mit dem heutigen Stand der Technik erzielbaren Genauigkeiten bei Dämpfungsmessungen diskutiert.

Influenze perturbatrici osservées lors de mesures d'affaiblissement dans la plage de fréquences de 1...18 GHz

Résumé. La détermination de l'affaiblissement et de la réflexion des composants est une spécialité importante de la technique des mesures en micro-ondes. Les auteurs analysent les influenances perturbatrices affectant les mesures d'affaiblissement dans la plage de fréquences de 1...18 GHz. Il est notamment question de l'influence exercée par la désadaptation sur la précision de mesure et des familles de courbes permettant de déterminer rapidement cette source d'erreur. Par ailleurs, le degré de précision réalisable dans ce domaine avec les moyens techniques actuels est examiné.

Esame dell'influenza delle perturbazioni in occasione di misurazioni dell'attenuazione nel campo di frequenza da 1...18 GHz

Riassunto. La determinazione dell'attenuazione e della riflessione di componenti rappresenta un importante ramo della tecnica delle misurazioni delle microonde. Nel seguente articolo si esamina l'influenza delle perturbazioni in occasione di misurazioni dell'attenuazione nel campo di frequenza da 1 ... 18 GHz. Sono trattati segnatamente le influenze sull'esattezza delle misurazioni dovute a disadattamenti e si mostrano le rispettive famiglie di curve che permettono di determinare rapidamente queste influenze. Inoltre, si discute la precisione raggiungibile nella misurazione dell'attenuazione con la tecnica odierna.

1 Einleitung

Werden Abschwächer auf ihre Dämpfung hin ausgemessen, so treten neben den üblichen Messfehlern, die durch Instrumentengenauigkeit, Stabilität und Ablesefehler gegeben sind, zusätzlich Unsicherheiten auf. Diese entstehen wegen der Fehlanpassdämpfung (mismatch loss), hervorgerufen durch die ungleiche Impedanz an den Stossstellen zweier oder mehrerer hintereinander geschalteter Systeme. Diese Messunsicherheit ist nicht leicht zu erfassen, da bei Mikrowellenfrequenzen die an den Stossstellen entstehenden Reflexionsvektoren wegen der bereits erheblichen Leitungslängen jede beliebige Phasenlage einnehmen können. Besonders in breitbandigen Übertragungssystemen treten häufig entsprechende Additionen und Subtraktionen von Reflexionsvektoren auf. Daher sind Dämpfungsangaben auf Zehntel- oder Hundertstel-Dezibel mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten.

Die folgende Untersuchung zeigt bewusst die maximal möglichen Fehlergrenzen anhand von Kurvenscharen; anschliessend werden die Genauigkeiten von hochpräzisen Messgeräten und die üblicherweise im Laboratorium erzielbaren Werte aufgeführt. Der Frequenzbereich 1...18 GHz wurde gewählt, weil darin sämtliche von den PTT-Betrieben verwendeten höchstfrequenten Übertragungssysteme eingeschlossen sind. Ausserdem ist es möglich, die theoretischen Abhandlungen mit praktischen Messungen in breitbandigen Koaxialsystemen zu erhärten. Wie dem Literaturhinweis zu entnehmen ist, wurden diese Probleme schon mehrfach von verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtet. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass sich eine realistische Beurteilung von Messergebnissen und Pflichtenheftforderungen noch lange nicht durchgesetzt hat.

2 Die Fehlanpassdämpfung

2.1 Definitionen der Dämpfung

Damit eindeutige Verhältnisse herrschen, muss die Dämpfung eines Abschwächers klar definiert werden. In der

Literatur werden jedoch die Begriffe Attenuation (= Dämpfung) und Insertion loss (= Einführungsdämpfung) teilweise verschieden definiert. Mehrheitlich anzutreffen und logisch sind folgende Definitionen (Fig. 1)

Dämpfung

a = Leistungsabnahme in einer Last, verursacht durch das Einfügen eines beliebigen Vierpols zwischen willkürlich angepasstem Generator und Last

Einfügungsdämpfung

a_E = Leistungsabnahme in einer Last, verursacht durch das Einfügen eines beliebigen Vierpols zwischen Generator und Last, die beide die genaue Systemimpedanz Z_0 aufweisen

Die Einfügungsdämpfung schliesst also zusätzliche Fehlanpassdämpfung durch schlecht angepassten Generator und Last definitionsgemäss aus. Natürlich hat der zu messende Vierpol beidseitig je eine bestimmte Fehlanpassung, die eine bestimmte Dämpfung hervorruft. Diese jedoch stellt einen Teil der Einfügungsdämpfung des Vierpols dar. Genaue Dämpfungswerte von Vierpolen müssen als deren Einfügungsdämpfung A_E angegeben werden. Die Reflexionen der Messebenen (Generator und Last) sind dann theoretisch Null und können auf die Vierpoldämpfung keinen Einfluss ausüben. Praktisch ist dies nur mit punktwisen Messungen möglich, indem Generator- und Lastreflexionen mit Tunern kompensiert werden (Fig. 2).

In der Praxis werden aber oft breitbandige (gewobbelte) Messungen bevorzugt, da der Informationsgehalt höher ist. Hier scheidet eine frequenzabhängige Kompensation der



Fig. 1
Dämpfungsmessung

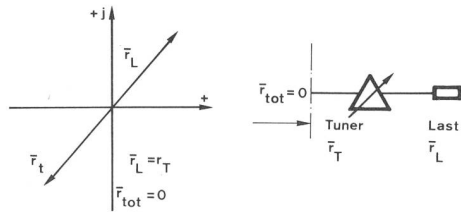


Fig. 2
Reflexionskompensierte Last, frequenzabhängig

Reflexionsstellen aus. Messfehler, die durch Fehlanpassdämpfung entstehen, sind daher nicht zu umgehen.

Welches sind nun die Einflussgrößen auf diesen Fehler?

22 Einflussgrößen der Fehlanpassdämpfung

Soll das Verhalten von irgendwelchen Netzwerken untersucht und beschrieben werden, so bedient man sich am besten eines geeigneten Parametersystems. Die hier geradezu ideal einzusetzenden Parameter sind die Streuparameter (S-Parameter), da sie eigentliche Betriebsparameter sind. Dies bedeutet, dass keine Leerlauf- oder Kurzschlussgrößen zu ermitteln sind, vielmehr wird der zu unterscheidende Vierpol mit seinen charakteristischen Impedanzen abgeschlossen.

221 Signalfluss im Vierpol

Es soll nur kurz auf die S-Parameter eingegangen werden, worüber genügend Literatur vorhanden ist. An jedem Tor (Ein- und Ausgang des Vierpols) können zwei Spannungswellen definiert werden

- eine hinlaufende Spannungswelle a und
- eine rücklaufende Spannungswelle b (Fig. 3).

Die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Spannungswellen umfassen die den Vierpol charakterisierenden S-Parameter S_{11} , S_{12} , S_{21} und S_{22} .

$$\begin{aligned} b_1 &= a_1 S_{11} + a_2 S_{12} \\ b_2 &= a_1 S_{21} + a_2 S_{22} \end{aligned}$$

Durch Auflösen des Gleichungspaares ergeben sich

$$\begin{aligned} S_{11} &= \frac{b_1}{a_1} \quad a_2 = 0 && \text{Reflexionsfaktor } r_1 \text{ am Eingang des Vierpols bei abgeschlossenem Ausgang} \\ S_{22} &= \frac{b_2}{a_2} \quad a_1 = 0 && \text{Reflexionsfaktor } r_2 \text{ am Ausgang des Vierpols bei angeschlossenem Eingang} \\ S_{12} &= \frac{b_1}{a_2} \quad a_1 = 0 && \text{Übertragungskoeffizient rückwärts bei abgeschlossenem Eingang} \\ S_{21} &= \frac{b_2}{a_1} \quad a_2 = 0 && \text{Übertragungskoeffizient vorwärts bei abgeschlossenem Ausgang} \end{aligned}$$

für passive Vierpole (Abschwächer) gilt weiter

$$S_{12} = S_{21} = T$$

Die S-Parameter können als Reflexionsfaktoren beziehungsweise als Einfügungsdämpfung gemessen werden.

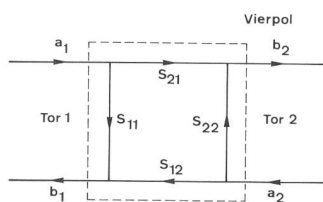


Fig. 3
Signalflussgraf eines Zweitor-Netzwerkes

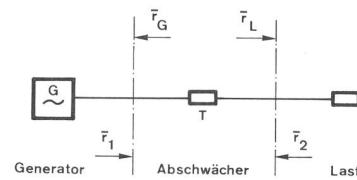


Fig. 4
Reflexionsverhältnisse der Messschaltung

- r_G = Reflexionskoeffizient des Generators
- r_L = Reflexionskoeffizient der Last
- r_1 = Eingangskoeffizient des Abschwächers = S_{11}
- r_2 = Ausgangskoeffizient des Abschwächers = S_{22}
- T = Spannungsübertragungskoeffizient des Abschwächers = $S_{12} = S_{21}$

222 Das Verfahren der Signalflussgrafik

Beim Herleiten der S-Parameter wurde vom Signalfluss im Vierpol ausgegangen. Es können aber nicht nur 2-Tor-Netzwerke auf diese Art beschrieben werden, das Verfahren genügt ebenso 1-Tor-Netzwerken (Generator, Abschluss) und n-Tor-Netzwerken (zum Beispiel Richtkoppler).

Entsprechend dem Zusammenschalten von Komponenten auf dem Labortisch können ihre Signalflussgrafen ebenfalls aneinandergereiht werden. Nach einem grafischen Verfahren kann die Schaltung dann soweit vereinfacht werden, dass sich ihr Verhalten als Ganzes rasch überblicken lässt. Es sei noch festgehalten, dass das Verfahren mathematisch genau ist.

223 Herleitung der Fehlanpassdämpfungsformel

Das Signalflussgrafikverfahren gestattet, einen allgemein gültigen Ausdruck für die entstehende Fehlanpassdämpfung in der Dämpfungsmessschaltung zu finden. Dabei besteht die Messschaltung aus Generator, Last und dazwischengeschaltetem Messobjekt gemäss Fig. 4.

Die Unsicherheit der Messung diktiert die Größen r_G , r_L , r_1 , r_2 sowie T . Der genaue Zusammenhang wird mit Hilfe der Signalflussgrafik gefunden (Fig. 5).

Durch fortgesetztes Vereinfachen der Grafik erhält man

$$U_L = U_G \cdot \frac{T}{(1-r_G r_1)(1-r_L r_2) - T^2 r_G r_L}$$

Dieses erste Resultat wird auf die Eichung bezogen, also auf den Fall, dass Generator und Last, wie in Fig. 6, direkt zusammengeschaltet sind. Durch erneutes Vereinfachen ergibt sich

$$U_L^* = U_G \cdot \frac{1}{1-r_G \cdot r_L}$$

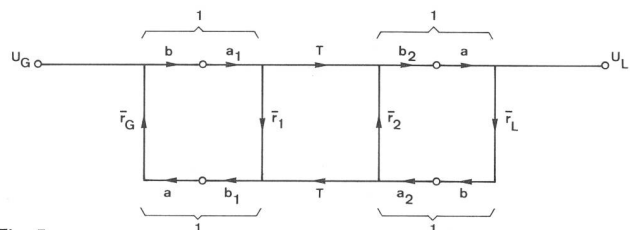


Fig. 5
Signalflussgraf der Messschaltung
 U_G = Vom Generator gelieferte Spannung
 U_L = In der Last umgesetzte Spannung

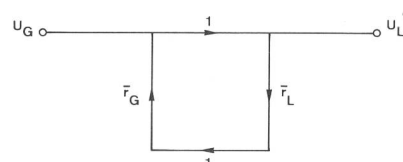


Fig. 6
Signalflussgraf beim Eichvorgang

Nach Definition in 21 beträgt die Dämpfung a

$$a = \frac{U_L^*}{U_L} \quad \begin{array}{l} \text{(Eichen)} \\ \text{(Messen)} \end{array}$$

Somit ergibt sich für a

$$a = 20 \log \frac{(1-r_G r_1) (1-r_2 r_L) - T^2 r_G r_L}{T (1-r_G r_L)} \quad [\text{dB}]$$

a stellt die Dämpfung dar, die vorkommt, wenn ein Abschwächer zwischen einen willkürlich angepassten Generator und die Last geschaltet wird.

Da nun die Einfügungsdämpfung a_E gemessen werden soll, müssen definitionsgemäss r_G und r_L Null sein.

Für $r_G = r_L = 0$ ergibt sich

$$a_E = 20 \log \frac{1}{T} \quad [\text{dB}]$$

Im Normalfall jedoch, wenn r_G und r_L nicht Null sind, wird die Dämpfung a

$$a = a_E + a_M \quad [\text{dB}]$$

Dämpfung = Einfügungsdämpfung + Fehlanpassdämpfung

Daraus ergibt sich die Fehlanpassdämpfung a_M

$$a_M = 20 \log \frac{(1-r_G r_1) (1-r_L r_2) - T^2 r_G r_L}{1-r_G r_L}$$

224 Diskussion der Formel

Da jede der fünf Einflussgrößen in der Formel einen komplexen Wert darstellen kann, muss für gewobbelte Messungen mit dem grössten Fehler gerechnet werden. Dieser ergibt sich, wenn der Zähler der Formel den grösstmöglichen und der Nenner den kleinstmöglichen Wert annimmt oder umgekehrt. Somit kann auch der Fall eintreten, dass a_M negativ wird. Dies bedeutet, dass die Dämpfung a des zwischen willkürlich angepasstem Generator und Last eingeschalteten Abschwächers kleiner ist als dessen Einfügungsdämpfung a_E , also zwischen Generator und Last mit $r_G = r_L = 0$.

Diese theoretischen Überlegungen wurden durch zahlreiche Messungen mit Hilfe von künstlich geschaffenen, in Betrag und Phase variablen Reflexionsstellen bestätigt.

23 Praktische Anwendung der Fehlanpassdämpfungsformel

Wie in 21 beschrieben, muss die Einfügungsdämpfung eines Vierpols in einem System gemessen werden, das theoretisch keine Generator- und Lastreflexionen aufweist. Da dies in der Praxis nicht existiert, muss stets mit einem Messfehler, hervorgerufen durch die Fehlanpassdämpfung, gerechnet werden. Geschieht die Messung nicht bei einer Einzelfrequenz, sondern gewobbelt, so ist mit dem maximalen Fehler zu rechnen.

$$a_e = a \pm a_{M \max}$$

Soll a_M möglichst klein sein, so muss die Generator- und Lastanpassung durch vorgeschaltete Dämpfungsglieder mit kleinen Reflexionsfaktoren verbessert werden. Die Signalflussgrafik *Figur 7* erlaubt den folgenden Zusammenhang zu ermitteln

$$r_G^* = r_2 + \frac{r_G \cdot T^2}{1-r_1 r_G}$$

Um in der Praxis die Fehlanpassdämpfung rasch ermitteln zu können, wird eine Umsetzung der unhandlichen Formeln

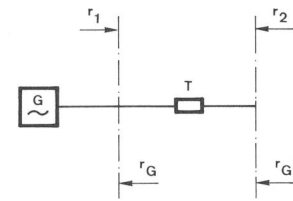


Fig. 7 Verbesserung des Reflexionsfaktors eines Generators (oder einer Last) durch Vorschalten eines Abschwächers

in Diagramme vorgenommen. Eine einfachere Handhabung ergibt sich durch eine Reduktion der einzusetzenden Parameter, indem

$$\begin{array}{l} r_G = r_L \\ r_1 = r_2 \end{array}$$

gesetzt wird.

Da die Fehlanpassdämpfung mit steigender Dämpfung des Messobjektes weiter abnimmt, wurden 4 verschiedene Kurvenscharen gezeichnet (3, 6, 10, 20 dB), die in den *Figuren 8a ... 8d* wiedergegeben sind.

Ein einfaches *Beispiel* soll den Gebrauch der Kurven zeigen:

Die Dämpfung eines fixen Hohlleiterattenuators soll kontrolliert werden. Ein- und Ausgangsreflexionen des Attenuators betragen etwa 10 %. Als Messaufbau dient eine Anordnung nach *Figur 13*. Die beiden Richtkoppler weisen eine Reflexion von 5 % im Hauptpfad auf (einschliesslich Einfluss der Ausgangsreflexion des Generators).

Nach der Nulleichung (beide Koppler verbunden) wird der Attenuator eingefügt. Die Messung zeigt einen Wert von 3,1 dB. Aus den Kurven für 3 dB Dämpfung (*Fig. 8*) liest man eine Toleranz von $\pm 0,125$ dB für die Fehlanpassdämpfung heraus. Dazu kommt noch der Fehler des Messsystems. Zu beachten ist ferner, dass Mikrowellengeneratoren grosse Ausgangsreflexionen aufweisen, die entweder

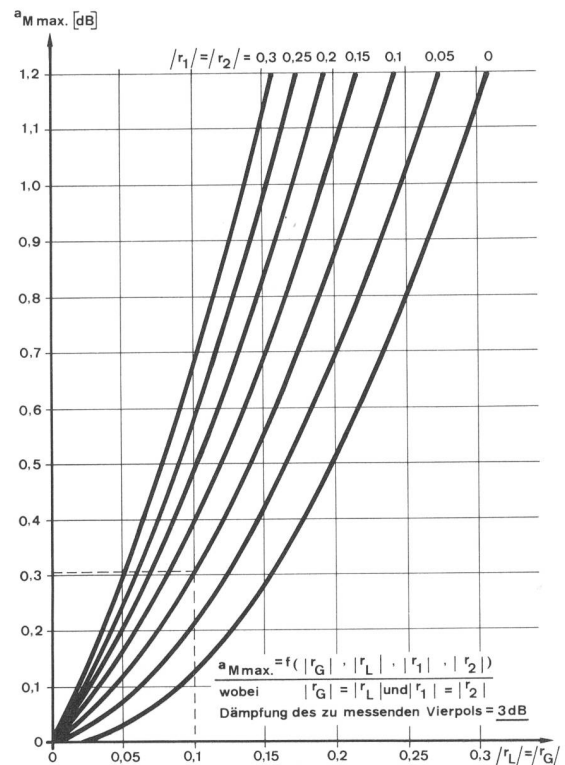


Fig. 8a Kurvenscharen zur Bestimmung der Fehlanpassdämpfung

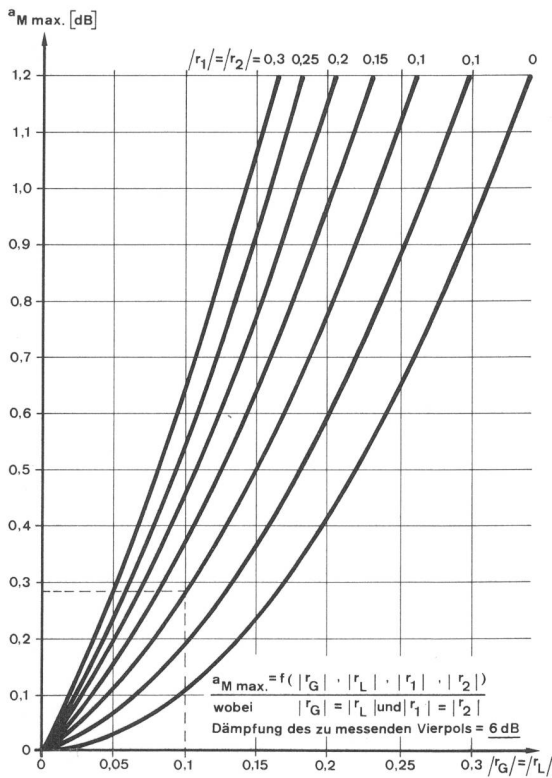


Fig. 8b Kurvenscharen zur Bestimmung der Fehlanpassdämpfung

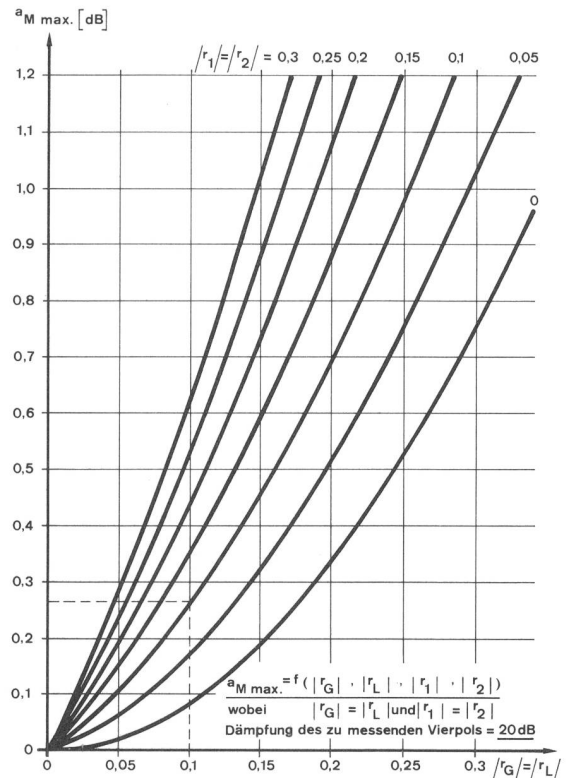


Fig. 8d Kurvenscharen zur Bestimmung der Fehlanpassdämpfung

durch reflexionsarme Dämpfungsglieder an der Messebene oder mit Ratiometersystemen [1] verbessert werden müssen.

Der Vergleich dieser Fehlanpassdämpfungsberechnung mit anderen üblichen Fehlerabschätzungsmethoden zeigt, dass letztere entweder den Fehler bei der Eichung oder den Fehler wegen der Beeinflussung durch das Messobjekt hindurch oder beider vernachlässigen.

Am Schluss sei nochmals darauf hingewiesen, wann die Kurven von *Figur 8a-d* verwendet werden müssen:

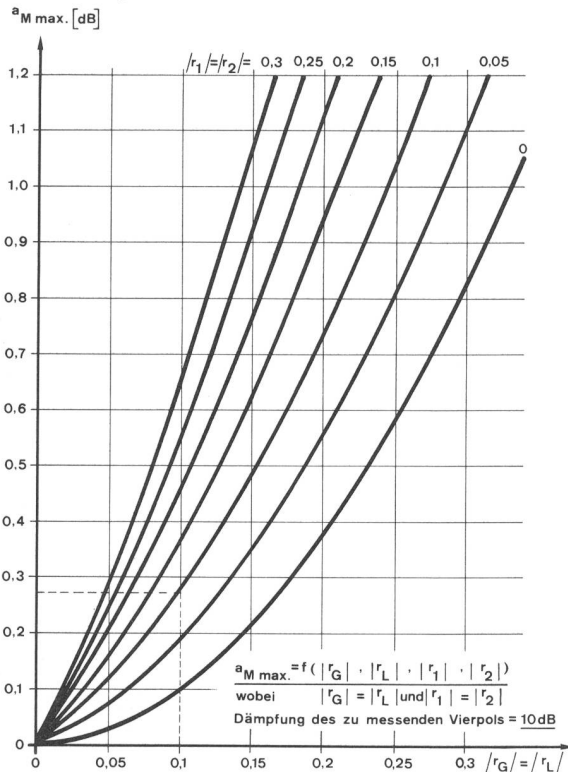


Fig. 8c Kurvenscharen zur Bestimmung der Fehlanpassdämpfung

- Einfügen eines Vierpols in eine Schaltung nach vorheriger Eichung und
- Zufügen von Dämpfung an variablen Attenuatoren, wenn dabei der Reflexionskoeffizient r ändert.

3 Präzisionsdämpfungsmessung

Hier muss unterschieden werden zwischen Messungen bei fixer oder gewobelter Frequenz.

3.1 Messungen bei fixer Frequenz

Solche Messverfahren erlauben, mit Kompensationselementen (Tunern) ein nahezu perfektes Z_o -System zu bilden. Die übrigen Fehler setzen sich noch zusammen aus

- Instrumentenungenauigkeit
- Instabilität der Oszillatoren
- Nichtlinearitäten
- Rauschen
- Temperatureinflüssen
- Wiederholgenauigkeit.

Als Dämpfungsreferenz dient ein im Zwischenfrequenzpfad eingefügter sogenannter Cut-off-Attenuator, dessen mechanische Position mathematisch fast beliebig genau berechenbare Dämpfungswerte ergibt. Ein üblicher Messaufbau und die erreichbare Genauigkeit (ohne Wiederholgenauigkeit und mismatch-loss) zeigen die *Figuren 9* und *10*.

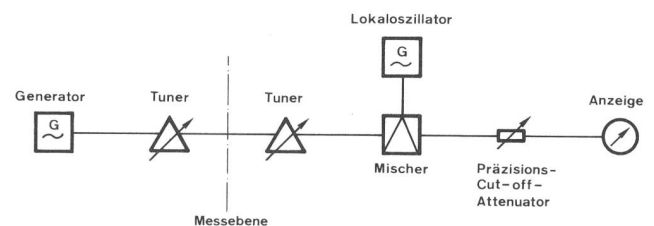


Fig. 9 ZF-Substitutionsmethode bei fixer Frequenz (Prinzip)

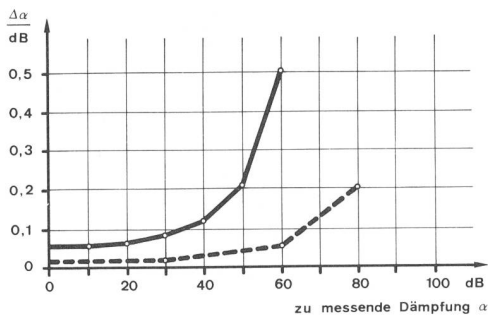


Fig. 10
Genauigkeit hochpräziser Dämpfungsmessplätze

Ähnlich hohe Präzision wird mit automatischen Netzwerkanalysatoren erzielt, die mit rechnerischen Methoden ein präzises Z_0 -System simulieren, indem sämtliche störenden Messwerte mathematisch kompensiert werden. Die Genauigkeitsangaben sind ebenfalls in Figur 9 eingetragen.

- Vorteile: Höchste Präzision, grösste Dynamik
Nachteile: Punktmessung, Tuner erforderlich, hoher apparativer und personeller Aufwand.

32 Messungen bei gewobelter Frequenz (Breitbandmessung)

Generator- und Lastreflexion werden mit reflexierenden Abschwächern, sogenannten Pads, maskiert. Die Signaldetektion geschieht mit Breitbanddetektoren, wie Bolometer, Barretter, Dioden. Zur Signalauswertung dienen meist modulierte oder unmodulierte Ratiometersysteme (Fig. 11).

Zu den unter 31 genannten Fehlern kommt die Fehlanpassdämpfung gemäss den im Kapitel 2 hergeleiteten Kurvenscharen.

Figur 12 zeigt die Präzision, die mit handelsüblichen Geräten erreichbar ist (ohne Fehlanpassdämpfung und Wiederholgenauigkeit).

- Vorteil: Mehr Informationsgehalt durch Breitbandigkeit, kleinerer zeitlicher Aufwand als bei der Messung mit fixer Frequenz
Nachteil: Reduzierte Präzision, stark reduzierte Dynamik, zusätzliche Messunsicherheit wegen Fehlanpassung.

33 Labormessungen und Feldmessungen

Dämpfungsmessungen werden im üblichen Laboratoriumsbetrieb oder feldmässig mit möglichst einfachen, im Instrumentenbestand vorhandenen Geräten durchgeführt. Als Beispiele seien erwähnt: Leistungsmesser, Spectrumanalyzer, Messempfänger, Ratiometer. Leistungsmesser und Ratiometer sind für gewobelte Messungen brauchbar, er-

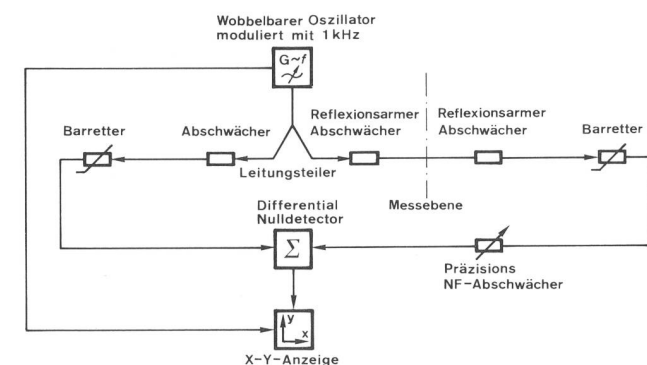


Fig. 11
Präzisionsratiometer für Wobelmessungen

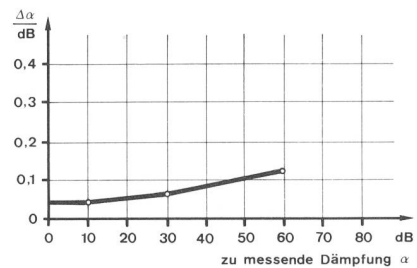


Fig. 12
Instrumentengenauigkeit für Präzisionswobelmessungen

lauben aber bestenfalls eine Dynamik von 30...40 dB. Messempfänger und Spectrumanalyzer ermöglichen bei punktwisen Messungen wohl eine Dynamik von 80...100 dB, weisen aber praktisch immer grosse Fehlanpassungen am Eingang auf. Über die Messschaltungen und die Genauigkeit geben die Figuren 13 und 14 Auskunft.

33.1 Eichungsmöglichkeiten

Die verhältnismässig schlechte Genauigkeit der unter 33 erwähnten Instrumente lässt sich durch Vergleichsmessung mit Präzisionsdämpfungen verbessern. Somit bleiben für Dämpfungsmessungen nahe an den Werten der Präzisionsdämpfungen noch der Linearitätsfehler der Messinstrumente nebst Fehlanpassdämpfung, Wiederholgenauigkeit und Toleranz des Eichwertes. Solche Präzisionsdämpfungen mit genauen Angaben über Messmethode und Messunsicherheit werden von verschiedenen Herstellern angeboten.

Koaxiale Ausführungen: Resistive Abschwächer

dB	dB	f_{GHz}	r_{max}
0...20	$\pm 0,085$	0...18	0,2
20...60	$\pm 2,0$	0...18	0,15

Hohlleiterausführungen: Rotary-Vane-Abschwächer

0...50 dB	$\pm 0,1$ oder 2 %	1...40	0,07
-----------	--------------------	--------	------

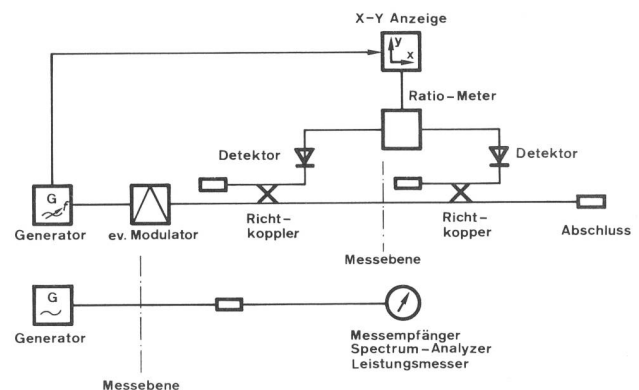


Fig. 13
Labormessaufbauten für Dämpfungsmessungen

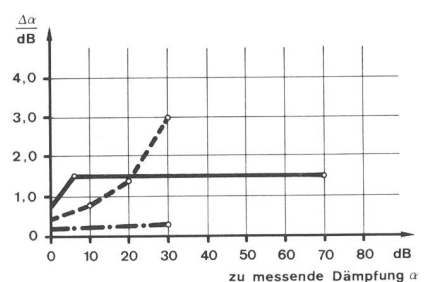


Fig. 14
Instrumentengenauigkeit einiger Laboratoriumsinstrumente

Ausserdem besteht die Möglichkeit, in verschiedenen Ländern bei den Eichstätten Attenuatoren noch genauer ausmessen zu lassen. Allerdings hat dies nur einen Sinn, wenn mit diesen Sekundärstandards nachher Geräte wie in 31 erwähnt, geeicht werden, da wegen der unvermeidlichen Reflexionsdämpfungen die Genauigkeit der Eichdämpfung maskiert würde. Weiter wäre es unmöglich, irgendwelche Veränderung des Eichwertes innerhalb der Genauigkeit der verhältnismässig schlechten Laboratoriumsinstrumente festzustellen.

4 Schlussfolgerungen

Wie aus den Kurven in Figur 8 hervorgeht, spielt die Fehl-anpassdämpfung unter den bei Dämpfungsmessungen in

Frage kommenden Fehlerquellen die massgebende Rolle. Durch die Entwicklung breitbandiger, reflexionsarmer Abschwächer lässt sich dieses Problem lösen. Allgemein kann gesagt werden, dass Dämpfungsangaben und -genauigkeiten praktisch immer zu optimistisch beurteilt werden. Es würde nicht schaden, wenn realistischere Angaben in Pflichtenheften und Datenblättern gemacht würden. Mit üblichen Laboratoriumsgeräten können Toleranzen von $\pm 0,4$ dB für Werte bis 30 dB und $\pm 2,0$ dB für Werte grösser als 30 dB bereits als sehr gute Messgenauigkeit bezeichnet werden. Mit erheblich mehr Aufwand können diese Toleranzwerte noch auf die Hälfte herabgesetzt werden, dies meist nur unter Verlust an Information (Verzicht auf Wobbelmessungen).

Die nächste Nummer bringt unter anderem Vous pourrez lire dans le prochain numéro

F. Locher	Les postes et télécommunications
K. Vögtli, A. Brunold, H.R. Trachsel	Korrosionsprobleme bei und mit Erdungen Corrosion des mises à terre et des installations connexes
G. Murbach	Prozessrechner: 1. Teil Einführung in die Technik der Prozessrechner Processeurs: Première partie Introduction à la technique des processeurs